

第Ⅴ部門

歩行空間で運用可能なパーソナルモビリティを活用した三次元点群計測システムの開発

北見工業大学工学部	学生員	○幸谷	宥毅
北見工業大学工学部	正会員	富山	和也
大林道路株式会社	正会員	山口	雄希
大林道路株式会社	正会員	森石	一志
北見工業大学工学部	非会員	板垣	智哉

1. はじめに

近年、「高齢者、障害者等の移動等の円滑化の促進に関する法律（通称、バリアフリー法）」¹⁾の改正に代表されるように、誰もが安心して快適に利用できる歩行空間の整備に向けた取り組みがますます重要となっている。一方、歩行空間では、車道で用いられている路面性状自動測定装置の適用が困難なため、効果的かつ効率的な路面調査技術が必要となっている。本研究の目的は、歩道走行可能なパーソナルモビリティの代表であるハンドル型電動車いす（以下、「電動車いす」とする）と、地上型レーザースキャナー（Terrestrial Laser Scanner, 以下、「TLS」とする）を組み合わせ、歩行空間における効率的な三次元点群計測システムを開発することである。特に、本研究では、TLS に全球測位衛星システム（Global Navigation Satellite System, 以下、「GNSS」とする）を融合させることで、点群データの合成に必要なターゲットを不要にした三次元計測手法^{2), 3)}を適用した検討を行った。

2. システムの概要

2.1. 使用機器

使用機器は、図-1 に示すように、TLS の設置位置と方向を決定するためのアンテナを2基有し、高精度に位置情報を得ることが可能な GNSS (i システムリサーチ製) および TLS を使用し、それらを固定治具により電動車いすに搭載した。2基のアンテナは、TLS の本体を中心にその両端の25cmの箇所に設置し、専用 Rover で制御されている。TLS と組み合わせた GNSS は、敷地内に固定局を設け、リアルタイムキネマティック (RTK) 方式にて座標の取得を行った。



図-1 計測システム

2.2. 計測方法

本研究は、図-2 に示す北海道北見市にある北見地区農道離着陸場の滑走路の一部を試験ヤードとして実施した。試験ヤードの舗装種別は、密粒度アスファルト舗装であり、部分的に施工継ぎ目にひび割れが見受けられるものの大きな損傷箇所はなく良好な状態である。また、あらかじめ走行の目標とする測線を設け、計測を実施した。

計測手順は、はじめに、電動車いすで測線上の任意の箇所へ移動し停止させる。停止後に、各装置を起動し、点群および位置座標の計測を実施する。計測完了後に次の計測位置まで移動させ、電動車いすを停止させたのちに点群および位置座標を計測する。以降、同様に Stop & Go の作業を繰り返す。図-3 に Stop & Go の作業フローを示す。なお、本実験では、高い点密度で計測するため、点群を 6.136 (mm/10m) の設定で取得し、10m 間隔で計4回計測を行った。



図-2 北見地区農道離着陸場の滑走路外観

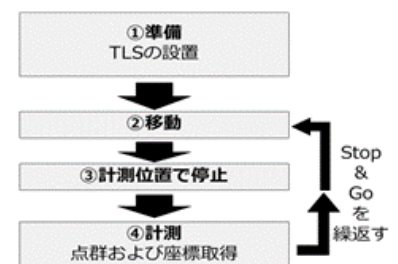


図-3 Stop & Go 作業フロー

Yuki KOTANI, Kazuya TOMIYAMA, Yuki YAMAGUCHI, Kazushi MORIISHI and Tomoya ITAGAKI

yuki.kotani.research@gmail.com

2.3. セルフレジストレーション結果

本研究では、既往研究^{2),3)}で精度が確認されている高性能 GNSS を利用したセルフレジストレーションを実施した。図-4 にセルフレジストレーション実施後の点群を示す。

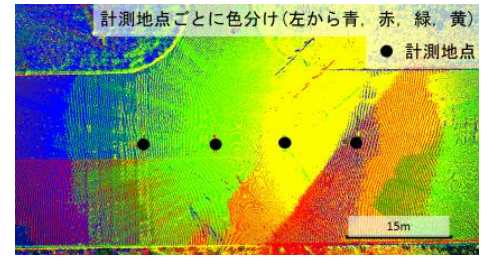
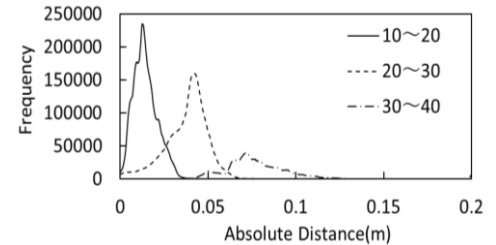


図-4 セルフレジストレーション後の点群

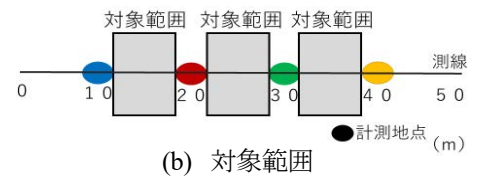
3. 点群の精度の確認

図-5(a)は、図-5(b)に示す対象範囲内の隣り合う 2 地点から計測された同一地物の三次元座標の離れを示している。図より、最大で 0.13m 離れている箇所がみられた。また、取得した点群を確認すると、点群に細かな波が確認された。これらの原因は、TLS を支える支柱が完全に固定されておらず、風や TLS の回転に起因する振動で、点群に波が生じ、離れが拡大したと考えられる。

取得した点群の高さの比較は、相互相関関数を応用し、プロファイルの一致度を求める方法⁴⁾により行った。一致度の算出は、前述の固定方法の問題で点群の状態が他と比較して悪い地点と計測機器が点群に映りこんでいる箇所を除外した後に、点群同士の傾きの違いによる離れを補正し、測線上の 1m 間隔の高さを対象に行った。また、点群のノイズを除去するために、高さデータに 5 次のメディアンフィルタを適用した。図-6 は、点群から算出した高さと同じ測線上においてマルチ・ロード・プロファイル (以下、MRP) により得られた高さの比較を示しており、一致度は 93.8% となった。この結果より、本手法は、TLS の固定方法を改善することで、路面凹凸の評価へも適用できるものと期待できる。



(a) 対象範囲内における点群の離れ



(b) 対象範囲

図-5 点群の離れ

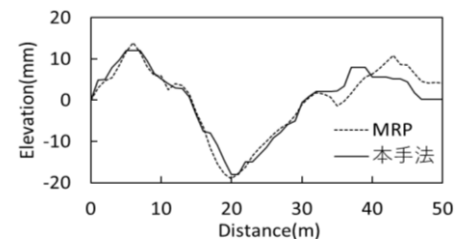


図-6 高さの比較

4. おわりに

本手法は、ワンマン計測可能で、ターゲットを用いた TLS 計測および三脚を据付けて取得する従来方法と比較し、計測と同時に点群に位置座標を付与できるため効率的にレジストレーションを行うことができる。本研究成果は、歩道のような幅員が狭い道路やターゲットの設置が困難な場所および人通りが多く短時間で計測の実施が必要な箇所における路面調査の効率化に寄与するものと期待できる。一方、TLS の固定方法が原因となり点群の離れが大きくなったが、TLS を三脚に据付け同様のレジストレーションを実施した結果^{2),3)}では路面プロファイル取得に必要な精度を確認しており、電動車いすへの TLS の固定方法を改善することで、計測精度向上につながるものといえる。TLS の固定方法については現在改良を行っており、今後実用化に向けた更なる検討を行っていく予定である。

謝辞

本実験の実施にあたり、i システムリサーチ株式会社 西川啓一氏の協力を得た。ここに記し感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 高齢者、障害者等の移動等の円滑化の促進に関する法律
<https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/barrierfree/content/001349372.pdf> (アクセス日 2020 年 12 月 18 日)
- 2) 森石、富山他：三次元計測機器を用いた路面管理の運用効率化、土木学会論文集 E1, Vol76, p.I_169-p.I_177, No.2, 2020.12.
- 3) 森石、富山：ICT 舗装工における点群データ取得の効率化と適用範囲拡大について、土木学会論文集 E1, Vol75, p.I_77-1_85, No.2, 2019.12.
- 4) Kalamihis, S.M. and Gillespie, T.D.: Development of Cross Correlation for Objective Comparison of Profiles, The University of Michigan Transportation Research Institute, 2002.